

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-311242
 (43)Date of publication of application : 23.10.2002

(51)Int.CI.

G02B 5/30
 G02B 5/18
 G11B 7/125
 G11B 7/135

(21)Application number : 2001-119069

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 18.04.2001

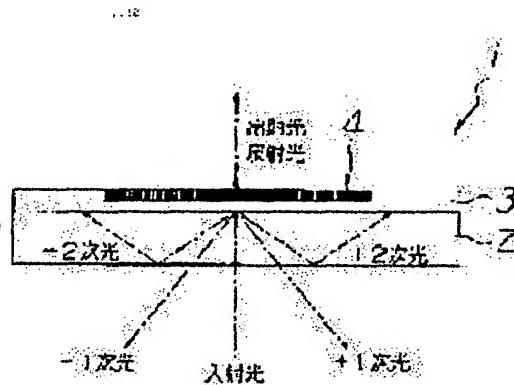
(72)Inventor : SUZUDO TAKESHI

(54) POLARIZED LIGHT SEPARATING ELEMENT, SEMICONDUCTOR LASER UNIT AND OPTICAL PICKUP DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To stabilize operation by suppressing the generation of stray light.

SOLUTION: In a polarized light separating element 1 provided with an optical anisotropic film 3 formed on an optical isotropic substrate 2 and a diffraction grating 4 having a first cycle structure part formed on the surface of the optical anisotropic film 3 while arraying rectangular ruggedness for a repeating unit along with the surface direction of the optical anisotropic film 3 and a second cycle structure part formed from optically transparent materials while having almost the same diffractive index as a diffractive index in the normal beam direction of the optical anisotropic film or diffractive index in the abnormal beam direction for covering the first cycle structure part so that the end face can form almost the same plane as the surface of the optical anisotropic film 3, the diffractive light of a diffractive angle larger than a prescribed angle in the diffractive light diffracted by the diffraction grating 4 is not emitted outside.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 23.08.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

特開2002-311242

(P2002-311242A)

(43) 公開日 平成14年10月23日(2002. 10. 23)

(51) Int. C1. 7
 G 02 B 5/30
 5/18
 G 11 B 7/125
 7/135

識別記号

F I
 G 02 B 5/30
 5/18
 G 11 B 7/125
 7/135

テーマコード(参考)
 2H049
 5D119
 C
 A

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L

(全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2001-119069 (P2001-119069)
 (22) 出願日 平成13年4月18日 (2001. 4. 18)

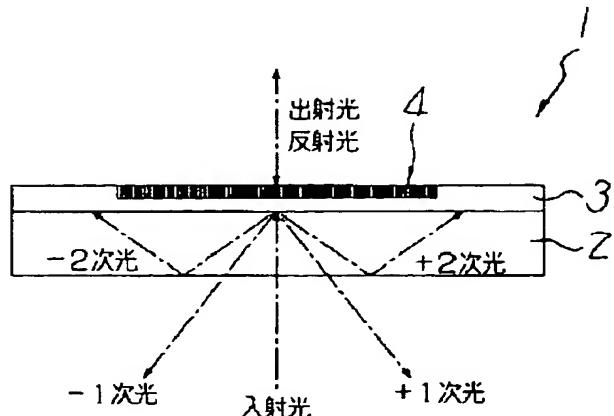
(71) 出願人 000006747
 株式会社リコー
 東京都大田区中馬込1丁目3番6号
 (72) 発明者 鈴土 剛
 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会
 社リコー内
 (74) 代理人 100101177
 弁理士 柏木 慎史 (外2名)
 F ターム(参考) 2H049 AA03 AA13 AA37 AA45 AA57
 AA64 BA05 BA25 BA42 BB44
 BC12 BC21
 5D119 AA04 AA20 AA38 AA40 CA10
 FA05 FA25 JA12

(54) 【発明の名称】偏光分離素子、半導体レーザユニットおよび光ピックアップ装置

(57) 【要約】

【課題】 迷光の発生を抑制して動作の安定化を図ることができるようにする。

【解決手段】 光学的等方性基板2上に形成された光学的異方性膜3と、光学的異方性膜3の表面に形成されて光学的異方性膜3の面方向に沿って矩形状の凹凸が繰返し単位で配列された第1の周期構造部および光学的異方性膜の常光線方向の屈折率または異常光線の方向屈折率と略同一の屈折率を有して光学的に透明な材料によって形成されて、端面が光学的異方性膜3の表面と略同一面を形成するように第1の周期構造部を覆う第2の周期構造部を有する回折格子4と、を具備する偏光分離素子1で、回折格子4により回折された回折光のうち所定角度以上の回折角の回折光を外部に出射させないようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光学的等方性基板と、

前記光学的等方性基板上に形成された光学的異方性膜と、

前記光学的異方性膜の表面に形成されて前記光学的異方性膜の面方向に沿って矩形状の凹凸が繰返し単位で配列された第1の周期構造部および前記光学的異方性膜の常光線方向の屈折率または異常光線の方向屈折率と略同一の屈折率を有して光学的に透明な材料によって形成されて、端面が前記光学的異方性膜の表面と略同一面を形成するように前記第1の周期構造部を覆う第2の周期構造部を有する回折格子と、を具備して、
前記回折格子により回折された回折光のうち所定角度以上の回折角の回折光を外部に出射させないようにした偏光分離素子。

【請求項2】 前記所定角度は、2次回折光以上の高次の回折光の回折角である請求項1の偏光分離素子。

【請求項3】 前記光学的等方性膜の基板面方向と前記光学的異方性膜の面方向とを略平行に形成し、入射される光の波長が λ 、前記光学的等方性基板の屈折率が n_s 、周囲雰囲気の屈折率が n_a である場合の前記回折格子の前記凹凸の繰返し単位の周期 d が、

$$\lambda(n_s/n_a) < d < 2\lambda(n_s/n_a)$$

を満たすようにした請求項1または2記載の偏光分離素子。

【請求項4】 前記光学的等方性膜の基板面方向と前記光学的異方性膜の面方向とを略平行に形成し、入射される光の波長が λ_1 、 λ_2 、前記光学的等方性基板の屈折率が n_s 、周囲雰囲気の屈折率が n_a である場合の前記回折格子の前記凹凸の繰返し単位の周期 d が、

$$\lambda_2(n_s/n_a) < d < 2\lambda_1(n_s/n_a),$$

$$\lambda_1 < \lambda_2$$

を満たすようにした請求項1または2記載の偏光分離素子。

【請求項5】 前記光学的異方性膜は、前記光学的等方性基板表面に斜め蒸着により蒸着された無機材料によって成膜されている請求項1、2、3または4記載の偏光分離素子。

【請求項6】 前記光学的異方性膜は、使用波長以下の周期構造を有する請求項1、2、3または4記載の偏光分離素子。

【請求項7】 前記光学的異方性膜は、延伸された有機材料によって形成されている請求項1、2、3または4記載の偏光分離素子。

【請求項8】 前記光学的等方性基板は、研磨によって形成された研磨面より光を入出射する請求項1ないし7のいずれか一記載の偏光分離素子。

【請求項9】 前記光学的異方性膜に積層された $\lambda/4$ 板を具備する請求項1ないし8のいずれか一記載の偏光分離素子。

【請求項10】 光量をモニタするためのモニタ用受光素子へ向けて半導体レーザから入射された入射光を集光するモニタ光生成機構を具備する請求項1ないし9のいずれか一記載の偏光分離素子。

【請求項11】 実装基板上に実装されてレーザ光を出射する半導体レーザと、
前記半導体レーザから出射されたレーザ光が入射される請求項1ないし9のいずれか一記載の偏光分離素子と、
前記実装基板上で前記偏光素子からの回折光が照射される位置に実装された受光素子と、を具備する半導体レーザユニット。

【請求項12】 実装基板上に実装されてレーザ光を出射する半導体レーザと、
前記半導体レーザから出射されたレーザ光が入射される請求項10記載の偏光分離素子と、
前記実装基板上で前記偏光素子からの回折光が照射される位置に実装された受光素子と、
前記実装基板上で前記偏光分離素子のモニタ光生成機構からのモニタ光が照射される位置に実装されたモニタ用受光素子と、を具備する半導体レーザユニット。

【請求項13】 請求項11または12記載の半導体ユニットと、
前記半導体レーザユニットから出射されたレーザ光を光記録媒体に照射する対物レンズと、
前記半導体レーザユニット中の偏光分離素子と前記光記録媒体との間の光路上でレーザ光の偏光面を変換させる $\lambda/4$ 板と、を具備する光ピックアップ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

30 【発明の属する技術分野】 本発明は、光ディスク用ピックアップ光学系、特に、異なる記録密度を持った媒体に対して、読み取り、及び書き込みを行う光ピックアップ光学系に用いられ、入射する光の偏光状態によってその偏光を分離するための偏光分離素子、偏光分離素子を用いた半導体レーザユニット、および、半導体レーザユニットを用いた光ピックアップ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、例えば、CD(Compact Disc)やDVD(Digital VideoまたはVersatile Disc)等、様々な光記録媒体への読み取りや書き込みに対応する光ピックアップ装置が研究開発されている。

40 【0003】 光ピックアップ装置は、レーザ光を出射する光源や、光源から出射されたレーザ光を光記録媒体に照射させる対物レンズ等の光学系、光記録媒体からの反射光を検出する光検出器等を備えている。このような光ピックアップ装置は、レーザ光源から光記録媒体に向かうレーザ光を完全に透過させ、光記録媒体からの反射光に対して回折を起こさせて、レーザ光路の往復によって光を分離する偏光分離素子を備えている。偏光分離素子50は、レーザ光の偏光面状態によって、透過率や回折効率

等の光学特定が異なる回折格子を有する。

【0004】また、光ピックアップ装置は、偏光分離素子の対物レンズ側に設けられた $\lambda/4$ 板(1/4波長板)を備えている。この $\lambda/4$ 板によって、偏光分離素子には偏光方向が90°回転された反射光が入射される。これによって、反射光は、光検出器に導かれる。

【0005】ところで、近年では、例えば、CDとDVDとのように、異なる記録密度を持つ複数種類の光記録媒体に対する読み取り/書き込みを、単一の光ピックアップ装置を用いて行うことを可能とする研究開発が盛んに行われている。

【0006】異なる記録密度を持つ光記録媒体に対する読み取り/書き込みを、単一の光ピックアップ装置を用いて行うためには、単一の光ピックアップ装置内に波長の異なった2つのレーザ光源を搭載する必要がある。

【0007】異なる記録密度を持つ光記録媒体に対する読み取り/書き込みを、単一の光ピックアップ装置を用いて行うためには、例えば、波長の異なる各レーザ光源に対応させて構成した光学系を単一の光ピックアップ装置に搭載することでも実現することが可能であるが、波長の異なる各レーザ光源に対応させて構成した光学系を単一の光ピックアップ装置に搭載する場合、光ピックアップ装置が大型化してしまうことが懸念される。

【0008】この対策として、2つの異なるレーザ光源を備えるとともに、一つの光学系においてその目的を達成することができる光ピックアップ装置が開発されている。このような光ピックアップ装置の開発に際しては、様々な部品の共通化が必要になってくる。

【0009】共通化が必要となる部品の一つに、上述した偏光分離素子がある。このような光ピックアップ装置に搭載される偏光分離素子には、以下に説明するようなものがある。

【0010】第1の従来例としては、特開平11-311709号公報に開示されているように、LN基板を用いて、イオン交換方法によって形成するようにした偏光分離素子がある。

【0011】第2の従来例としては、特開平11-295510号公報に開示されているように、ジアセチレンモノマー膜に対して紫外線を照射することで形成するようにした偏光分離素子がある。

【0012】第3の従来例としては、特開平11-64615号公報に開示されているように、ガラス基板上に形成した高分子液晶膜をドライエッチング方法によってパターン形成し、屈折率をマッチングさせた充填材を充填することで形成するようにした偏光分離素子がある。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】上述したような3つの従来例では、いずれも、回折格子の狭ピッチ化や形状を完全矩形にすることを目的に発明されている。

【0014】しかし、実際上、回折格子の形状に関して

は、上記の方法によても完全矩形にすることは困難であることが懸念される。

【0015】特開平11-31170号公報に開示されている技術では、イオン交換方法を用いるために、領域の分離が拡散により支配されるため、完全に分離できないという不具合がある。

【0016】特開平11-295510号公報に開示されている技術では、紫外照射においても、完全平行光を用いなければ領域の分離が困難であることに加えて、基板からの

10 反射光や散乱光等によっても条件が狭くなり、全ての凹凸を理想的に分離することができないという不具合がある。

【0017】特開平11-64615号公報に開示されている技術では、ドライエッチングによっても、サイドエッチングやマスク後退などの影響で、完全矩形の回折格子を形成することが困難であるという不具合がある。

【0018】回折格子形状が完全矩形出ない場合には、設計上発生しない偶数次回折光が発生し、効率が低下するばかりではなく、不要な光が発生することになり、光の検出に悪影響が発生するという不具合がある。

【0019】回折格子の形状が不完全な矩形状である場合、例えば、読み取り不良、書き込み不良が発生する。

【0020】本発明は、迷光の発生を抑制して動作の安定化を図ることができる偏光分離素子、半導体レーザユニットおよび光ピックアップ装置を得ることを目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明の偏光分離素子は、光学的等方性基板と、前記光学的等方性基板上に形成された光学的異方性膜と、前記光学的異方性膜の表面に形成されて前記光学的異方性膜の面方向に沿って矩形状の凹凸が繰返し単位で配列された第1の周期構造部および前記光学的異方性膜の常光線方向の屈折率または異常光線の方向屈折率と略同一の屈折率を有して光学的に透明な材料によって形成されて、端面が前記光学的異方性膜の表面と略同一面を形成するように前記第1の周期構造部を覆う第2の周期構造部を有する回折格子と、を具備して、前記回折格子により回折された回折光のうち所定角度以上の回折角の回折光を外部に出射させないようにした。

【0022】したがって、例えば、光ピックアップ装置へ適用した際に、回折格子における凹凸が不完全な矩形状であるために不要な回折光が発生した場合にも、回折格子により回折された回折光のうち所定角度以上の回折角の回折光は外部に出射されないため、光ピックアップ装置の光学系内での迷光の発生を抑制することが可能になる。

【0023】請求項2記載の発明は、請求項1の偏光分離素子において、前記所定角度は、2次以上の高次回折光の回折角である。

【0024】したがって、回折格子における凹凸が不完全な矩形状であるために2次以上の高次回折光が発生した場合にも、2次以上の高次回折光が偏光分離素子の外部へ出射されないため、光ピックアップ装置の光学系内での迷光の発生を抑制することが可能になる。

【0025】請求項3記載の発明は、請求項1または2記載の偏光分離素子において、前記光学的等方性膜の基板面方向と前記光学的異方性膜の面方向とを略平行に形成し、入射される光の波長が λ 、前記光学的等方性基板の屈折率が n_s 、周囲雰囲気の屈折率が n_a である場合の前記回折格子の前記凹凸の繰返し単位の周期 d が、 $\lambda(n_s/n_a) < d < 2\lambda(n_s/n_a)$ を満たすようにした。

【0026】ここで、 θ_d ：回折格子での回折角度、 m ：回折次数、 θ_c ：全反射角度とした場合、回折格子の回折角度 θ_d は $\sin \theta_d = m(\lambda/d)$ で示され、基板での全反射角度 θ_c は $\sin \theta_c = n_a/n_s$ で示される。

【0027】したがって、光学的等方性膜の基板面方向と光学的異方性膜の面方向(すなわち、周期構造の配列方向)とを略平行とし、 $\lambda(n_s/n_a) < d < 2\lambda(n_s/n_a)$ を満たすような周期 d を設定することにより、2次以上の高次回折光の角度が全反射角度 θ_c より大きくなり、かつ、1次光の回折角度 θ_d が全反射角度 θ_c より小さくなる。これによって、所定角度として2次以上の高次回折角を有する高次回折光を外部へ出射させない偏光分離素子を実現することが可能になる。

【0028】請求項4記載の発明は、請求項1または2記載の偏光分離素子において、前記光学的等方性膜の基板面方向と前記光学的異方性膜の面方向とを略平行に形成し、入射される光の波長が λ_1 、 λ_2 、前記光学的等方性基板の屈折率が n_s 、周囲雰囲気の屈折率が n_a である場合の前記回折格子の前記凹凸の繰返し単位の周期 d が、 $\lambda_2(n_s/n_a) < d < 2\lambda_1(n_s/n_a)$ 、 $\lambda_1 < \lambda_2$ を満たすようにした。

【0029】ここで、 θ_d ：回折格子での回折角度、 m ：回折次数、 θ_c ：全反射角度とした場合、回折格子の回折角度は、 $\sin \theta_d = m(\lambda/d)$ で示され、基板での全反射角度は $\sin \theta_c = n_a/n_s$ で示される。

【0030】したがって、光学的等方性膜の基板面方向と光学的異方性膜の面方向(すなわち、周期構造の配列方向)とを略平行とし、 $\lambda_2(n_s/n_a) < d < 2\lambda_1(n_s/n_a)$ を満たすような周期 d を設定することにより、2次以上の高次回折光の角度が全反射角度 θ_c より大きくなり、かつ、1次光の回折角度 θ_d が全反射角度 θ_c より小さくなる。これによって、所定角度として2次以上の高次回折角を有する高次回折光を外部へ出射させない偏光分離素子を実現することが可能になる。

【0031】また、 $\sin \theta_d = m(\lambda/d)$ からも明らかなように、回折角度 θ_d は波長 λ_1 、 λ_2 の大小に

依存し、長い波長 λ_2 の光の回折角度 θ_d の方が短い波長 λ_1 の光の回折角度 θ_d よりも大きいため、波長の異なる2種類のレーザ光 λ_1 、 λ_2 を使用する場合には、短い波長 λ_1 によって周期 d の上限を限定し、長い波長 λ_2 によって周期 d の下限を限定することが可能になる。これによって、单一の偏光分離素子に対して波長の異なる2種類のレーザ光 λ_1 、 λ_2 を入射する場合にも、所定角度として2次以上の高次回折角を有する高次回折光を外部へ出射させない偏光分離素子を実現することが可能になる。

【0032】請求項5記載の発明は、請求項1、2、3または4記載の偏光分離素子において、前記光学的異方性膜は、前記光学的等方性基板表面に斜め蒸着により蒸着された無機材料によって成膜されている。

【0033】したがって、光学的等方性基板表面に斜め蒸着によって無機材料を蒸着することで、光学的な異方性を有する単結晶を採用する場合と比較して、実用上、容易かつ安価に、光学的異方性膜を形成することが可能になる。

【0034】請求項6記載の発明は、請求項1、2、3または4記載の偏光分離素子において、前記光学的異方性膜は、使用波長以下の周期構造を有する。

【0035】したがって、膜内に使用波長以下の周期構造を持つことで、光学的異方性膜全体に光学的異方性を持つことが可能になる。

【0036】請求項7記載の発明は、請求項1、2、3または4記載の偏光分離素子において、前記光学的異方性膜は、延伸された有機材料によって形成されている。

【0037】したがって、光学的な異方性を有する単結晶を採用する場合と比較して、実用上、容易かつ安価に、光学的異方性膜を形成することが可能になる。

【0038】請求項8記載の発明は、請求項1ないし7のいずれか一記載の偏光分離素子において、前記光学的等方性基板は、研磨によって形成された研磨面より光を入出射する。

【0039】したがって、光を入出射する面に対してコーティング等の処理を行う場合と比較して、実用上、実用上、容易かつ安価に、光学的等方性基板を得ることが可能になる。

【0040】請求項9記載の発明は、請求項1ないし8のいずれか一記載の偏光分離素子において、前記光学的異方性膜に積層された $\lambda/4$ 板を具備する。

【0041】したがって、 $\lambda/4$ 板を光学的異方性膜に積層することにより、例えば、光ピックアップ装置へ適用する場合に、部品点数の削減を図ることが可能になる。

【0042】請求項10記載の発明は、請求項1ないし9のいずれか一記載の偏光分離素子において、光量をモニタするためのモニタ用受光素子へ向けて半導体レーザから入射された入射光を集光するモニタ光生成機構を具

備する。

【0043】したがって、光源から出射された入射光をモニタ用受光素子へ向けて導くことにより、モニタ用受光素子でモニタされる光量が射出された光の波長に依存することがない。これによって、APC駆動等の、モニタ用受光素子に導かれた光の光量に応じて行う光量安定化のための動作の信頼性の向上を図ることが可能になる。

【0044】請求項11記載の発明の半導体レーザユニットは、実装基板上に実装されてレーザ光を射出する半導体レーザと、前記半導体レーザから射出されたレーザ光が入射される請求項1ないし9のいずれか一記載の偏光分離素子と、前記実装基板上で前記偏光素子からの回折光が照射される位置に実装された受光素子と、を具備する。

【0045】したがって、半導体レーザの出力安定化を図ることが可能になる。

【0046】請求項12記載の発明の半導体レーザユニットは、実装基板上に実装されてレーザ光を射出する半導体レーザと、前記半導体レーザから射出されたレーザ光が入射される請求項10記載の偏光分離素子と、前記実装基板上で前記偏光素子からの回折光が照射される位置に実装された受光素子と、前記実装基板上で前記偏光分離素子のモニタ光生成機構からのモニタ光が照射される位置に実装されたモニタ用受光素子と、を具備する。

【0047】したがって、半導体レーザの出力安定化を図るとともに、半導体レーザユニットの小型化を図ることが可能になる。

【0048】請求項13記載の発明の光ピックアップ装置は、請求項11または12記載の半導体ユニットと、前記半導体レーザユニットから射出されたレーザ光を光記録媒体に照射する対物レンズと、前記半導体レーザユニット中の偏光分離素子と前記光記録媒体との間の光路上でレーザ光の偏光面を変換させる $\lambda/4$ 板と、を具備する。

【0049】したがって、安定したレーザ光を得るとともに、モニタのために光記録媒体に対するレーザ光の光量の低下防止を図ることが可能になる。

【0050】

【発明の実施の形態】本発明の第1の実施の形態について*40

$$\lambda(n_s/n_a) < d < 2\lambda(n_s/n_a) \quad \dots(1)$$

ただし、 λ ：入射光波長

n_s ：偏光分離素子の光学的等方性基板屈折率

n_a ：偏光分離素子の周囲雰囲気の屈折率

【0057】具体的に、本実施の形態の回折格子4は、深さ h が約4.88μm、周期 d が2.0μmに設定されている。

【0058】なお、本実施の形態では、回折格子4の凹凸部5を埋め込む樹脂をアクリル系樹脂6としたが、回折格子4の凹凸部5を埋め込む樹脂はこれに限るもので

*で図1ないし図3を参照して説明する。本実施の形態は、CDに対して利用される光ピックアップに適用される偏光分離素子について例示する。

【0051】図1は、本発明の第1の実施の形態の偏光分離素子を示す側面図である。偏光分離素子1は、光学的等方性基板として、厚さ0.5mmのBK7基板2を使用している。本実施の形態のBK7基板の表面は、研磨面とされており、全反射角度は41.5°程度に設定されている。

10 【0052】BK7基板2の一端面には、光学的異方性膜として、厚さ10μmのTa2O5膜3が設けられている。Ta2O5膜3の表面には、入射された光を回折する回折格子4を有している。回折光子4は、光学的異方性を有しており、常光線屈折率が1.59、異常光線屈折率が1.67に設定されている。本実施の形態のTa2O5膜3は、斜め蒸着によって成膜されている。回折格子4部分における常光線屈折率と異常光線屈折率との屈折率差は0.08である。

20 【0053】図2は、Ta2O5膜3を拡大して示す側面図である。Ta2O5膜3の表面に形成された回折格子4は、深さ(紙面上下方向) h 、周期(紙面左右方向) d に設定された第1の周期構造部としての矩形状の凹凸部5を有している。

【0054】本実施の形態の回折格子4は、エッチングガスとしてCF4ガスを使用して、レジストマスクを用いたドライエッチングを用いて、深さ h が4.88μm、周期 d が2.0μmになるように形成されている。回折格子4における凹凸部5には、端面がTa2O5膜3の表面と同一面となるように、アクリル系樹脂6が充填されている。アクリル系樹脂6は、Ta2O5膜3の表面と同一面となるように回折格子4における凹凸部5に充填されているため、凹凸部5と同じ周期に配列されるため、第2の周期構造部を実現する。本実施の形態のアクリル系樹脂6の屈折率は、Ta2O5膜3の常光線屈折率と同等の1.59である。

30 【0055】回折格子4の凹凸部5の配列方向は、Ta2O5膜3の面方向に対して略平行となるように配列されている。また、周期 d は、(1)式を満たす範囲内に設定されている。

【0056】

はなく、Ta2O5膜3の常光線屈折率と略同一な屈折率を有する樹脂であればよい。

【0059】次に、上述した偏光分離素子1を光ピックアップ装置に適用した場合の光学的動作について図3を参照して説明する。図3は、光ピックアップ装置の構成の一部を示す説明図である。光ピックアップ装置10は、レーザ光を射出する半導体レーザとしてのレーザ光源11を備えている。本実施の形態では、入射光としてCD用の波長780nmのレーザ光を射出するレーザ光

源11を用いている。レーザ光源11は、実装基板面12に実装されている。実装基板面12の偏光分離素子1による回折角度に応じた位置には、受光素子13が実装されている。

【0060】特に図示しないが、本実施の形態では、偏光分離素子1、実装基板面12に実装されたレーザ光源11、検出器側とを一体化することで、半導体レーザユニットLを構成している。

【0061】レーザ光の出射方向においてレーザ光源11に対向する位置には、BK7基板2をレーザ光源11側に向けるようにして偏光分離素子1が配置されている。

【0062】偏光分離素子1のレーザ光源11と反対側には、対物レンズ14が配置されている。偏光分離素子1と対物レンズ14との間には、図示しない $\lambda/4$ 板や図示しないコリメートレンズ等が設けられている。

【0063】このような光ピックアップ装置10では、偏光分離素子1に対して、レーザ光源11からTa2O5膜3の常光線方向に平行な直線偏光を出射する。レーザ光源11から出射されたレーザ光は、BK7基板2面から入射される。

【0064】ここで、回折格子4内にはTa2O5膜3の常光線屈折率と同等な屈折率を有するアクリル系樹脂6が充填されているため、レーザ光は回折格子4の有無に依らず回折を生じずに偏光分離素子1を透過する。

【0065】偏光分離素子1を通過したレーザ光は、 $\lambda/4$ 板やコリメートレンズ、対物レンズ14等の光学系を通過して、図示しないCD板面に到着する。CD板面に到着したレーザ光は、CD板面(反射層)によって反射されて、再び $\lambda/4$ 板やコリメートレンズ、対物レンズ14等を通過した後に、回折格子4を介して偏光分離素子1に入射される。

【0066】ここで、偏光分離素子1に再び入射されるレーザ光は、 $\lambda/4$ 板を往復で2回通過しているため、偏光状態が入射光に対して直交した直線偏光となる。これによって、CD板面から反射されたレーザ光を、Ta2O5膜3の異常光線方向と平行な直線偏光で偏光分離素子1に入射させることができる。Ta2O5膜3の回折格子4部分の屈折率差が0.08であるため、偏光分離素子1に再入射したレーザ光は回折される。

【0067】ところで、理論的に、回折格子の形状が矩形である場合には、偶数次の回折光は発生しない。

【0068】具体的に、本実施の形態では、回折格子の深さhが $4.88\mu m$ に設定されているため、回折格子の凹凸の部分での光路差は $\lambda/2$ となり0次光(偶数次の回折光)は出力されなくなる。0次光が出力されないことにより、選択的に±1次光のみが発生することになる。

【0069】しかしながら、実際には、完全に矩形状の凹凸部5を有する回折格子4を作製することは困難である。

る。例えば、ドライエッティング時のマスクの後退やサイドエッティングなどの影響により、回折格子4の凹凸部5の形状は台形などの形状になってしまうことが懸念される。回折格子4の凹凸部5の形状が矩形からずれた形状になることにより、±2次光(偶数次の回折光)が発生してしまう。回折格子4の凹凸部5の形状のずれにより発生する±2次光(偶数次の回折光)を素子から出射させてしまうと、光学系内で迷光となり、信号処理などで悪影響が出てしまうことが懸念される。

10 【0070】ところで、 θ_d ：回折格子4での回折角度、m：回折次数、 θ_c ：全反射角度とした場合、回折格子4の回折角度 θ_d は(2)式で示され、BK7基板2での全反射角度 θ_c は(3)式で示される。

【0071】

$$\sin \theta_d = m(\lambda/d) \quad \dots (2)$$

$$\sin \theta_c = n_a/n_s \quad \dots (3)$$

【0072】本実施の形態では、回折格子4の凹凸部5の配列方向が、Ta2O5膜3の面方向に対して略平行となるように配列されているとともに、周期dが(1)式を満たす範囲内に設定されているため、(1)、(2)、(3)式によれば、

$$(n_a/n_s)m/2 < \sin \theta_d < (n_a/n_s)m$$

が導き出される。つまり、(1)式を満たす範囲内に周期dを設定することにより、2次以上の回折光の角度 θ_d が全反射角度 θ_c より大きくなり、かつ、1次光の回折角度 θ_d が全反射角度 θ_c より小さくなる。

【0073】これによって、2次回折光以上の回折光が偏光分離素子1の外部へ出射されないため、光学系内の迷光の発生を抑制することができ、信号検出系の動作の安定化を図ることができる。

30 【0074】具体的に、本実施の形態では、周期dが $2.0\mu m$ とされているため、±1次光は約 23.0° の角度に回折され、±2次光は約 51.3° の角度に回折される。一方、BK7基板2の全反射角度は 41.5° 程度なので、BK7基板2面における±2次光は、図1に示すように、全反射を起こして偏光分離素子1の外へ出射されなくなる。

【0075】これによって、実用上確実に、光学系内の迷光の発生を防止して、受光素子13で受光したレーザ光に基づいて各種処理を行う信号処理系等の動作の安定化を図ることができる。

【0076】なお、本実施の形態では、BK7基板2の表面が研磨面とされているため、BK7基板2の表面に格別なコーティングをかけることがないため、偏光分離素子1の低コスト化を図ることができる。

【0077】また、Ta2O5膜3は斜め蒸着によって製膜されているため、Ta2O5膜3内には柱状の波長以下の図示しない微細構造が形成されている。Ta2O5膜3を斜め蒸着によって製膜することにより、微細構造を容易に形成することができる。これにより、通常の

光学的な異方性を持つ単結晶を採用した異方性膜より安価に、かつ量産に際しての性能のバラツキのない安定した異方性膜を有する偏光分離素子1を作製することができる。

【0078】次に、本発明の第2の実施の形態について図4および図5を参照して説明する。第1の実施の形態と同一部分は同一符号で示し、説明も省略する。

【0079】図4は、本発明の第2の実施の形態の偏光分離素子を示す側面図である。本実施例の形態の偏光分離素子20は、光学的等方性基板として膜厚0.5mmのBK7基板2を使用している。BK7基板2の全反射角度は、41.5°程度に設定されている。

【0080】BK7基板2の一端面には、光学的異方性膜として膜厚50μmに延伸したポリエステル膜21が積層されている。ポリエステル膜21は、紫外線硬化樹脂を用いてBK7基板2上に接着されている。ポリエステル膜21は、常光線方向の屈折率が1.58、異常光線方向の屈折率が1.69とされている。ポリエステル膜21における常光線方向の屈折率と異常光線方向の屈折率との屈折率の差は0.11である。

*20

$$\lambda_2 (n_s / n_a) < d < 2 \lambda_1 (n_s / n_a) \quad \cdots (4)$$

$$\lambda_1 < \lambda_2 \quad \cdots (5)$$

ただし、 λ_1 、 λ_2 ：入射光波長

n_s ：偏光分離素子の光学的等方性基板屈折率

n_a ：偏光分離素子の周囲雰囲気の屈折率

【0085】本実施の形態では、具体的に、回折格子22、23の凹凸部の深さhが約3.4μm、周期dが1.8μmに設定されている。また、本実施の形態では、具体的に、 $\lambda_1 = 650\text{nm}$ 、 $\lambda_2 = 780\text{nm}$ である。

【0086】ポリエステル膜21には、ポリエチレンで形成された $\lambda/4$ 板24が紫外線硬化樹脂によって貼り付けられている。 $\lambda/4$ 板24のポリエステル膜21と反対側の表面には、Crで形成された反射膜25が形成されている。反射膜25は回折格子23と上下方向において重複するように形成されている。ここに、回折格子23、反射膜25等によってモニタ光生成機構26が実現されている。

【0087】次に、偏光分離素子20を光ピックアップ装置に適用した場合の光学的動作について図5を参照して説明する。図5は、光ピックアップ装置の構成の一部を示す説明図である。本実施の形態の光ピックアップ装置30は、入射光として、CD用としての波長780nmのレーザ光を出射する半導体レーザとしてのレーザ光源11と、DVD用としての波長650nmのレーザ光を出射する半導体レーザとしてのレーザ光源31との2種類のレーザ光源を備えている。2種類のレーザ光源11、31は、単一の受光素子13とともに、実装基板面12に実装されている。

【0088】本実施の形態では、偏光分離素子20、実装基板面12に実装されたレーザ光源11、31、図示

*【0081】ポリエステル膜21の表面には、深さh、周期dに設定された矩形状の凹凸部を有する回折格子22、23が形成されている。回折格子22は偏光を分離する機能を果たし、回折格子23は入射光の光量をモニタする機能を果たす。

【0082】本実施の形態の回折格子22、23における凹凸部は、エッチングガスとして酸素ガスを使用して、金属マスクを用いたドライエッチングによって形成されている。回折格子22、23における凹凸部は、ポリエステル膜21と略同等の常光線方向の屈折率を有して、回折格子22、23内の凹凸部を完全に埋め込む様にして充填された屈折率1.59のアクリル系樹脂6によってコートされている。

【0083】回折格子22、23の凹凸部の配列方向は、ポリエステル膜21の面方向(図4中紙面左右方向)に対して略平行となるように配列されている。また、凹凸部の周期dは、(4)式、(5)式を満たす範囲内に設定されている。

【0084】

しない検出器とを一体化することによって半導体レーザユニットL'を構成している。

【0089】実装基板面12には、モニタ用受光素子32が実装されている。モニタ用受光素子32は、APC(Auto Power Control)駆動を行うために、レーザ光源11、31から出射されるレーザ光をモニタする。APC駆動は、レーザ光源から出射されるレーザ光の安定化を行うために行う。レーザ光源11、31から出射されるレーザ光が安定することにより、光ピックアップ装置30の動作の安定化を図ることができる。

【0090】光ピックアップ装置30では、偏光分離素子20に対して、ポリエステル膜21の常光線方向に平行な直線偏光をBK7基板2面側から入射させる。

【0091】ここで、回折格子22内に常光線屈折率と略同一な屈折率を有するアクリル系樹脂6が充填されているため、レーザ光は回折を発生せずに偏光分離素子20を透過する。

【0092】偏光分離素子20を通過したレーザ光は、 $\lambda/4$ 板24、コリメートレンズ(図示せず)、対物レンズ14等の光学系を通過し、図示しないCD板面または図示しないDVD板面に到着する、CD板面またはDVD板面に到着したレーザ光は、CD板面またはDVD板面(の反射層)によって反射されて、再び光学系を通過した後、 $\lambda/4$ 板24側から偏光分離素子20に入射する。

【0093】ここで、レーザ光は、偏光分離素子20に一体的に形成された $\lambda/4$ 板24を2回通過しているため、回折格子22に入射する際の偏光状態は入射光に対

して直交した直線偏光とされ、ポリエステル膜21の異常光線方向と平行な直線偏光で回折格子に入射する。

【0094】本実施の形態では、回折格子22部分が屈折率差0.11に設定されているため、レーザ光は回折格子22部分で回折される。

【0095】ここで、回折格子22の凹凸部の形状が完全な矩形である場合には、偶数次の回折光は発生しない。また、本実施の形態では、回折格子22の凹凸部の深さhが3.4μmに設定されているため、回折格子22の凹凸の部分での光路差が2種類の波長とともに、ほぼ $\lambda/2$ となる。このため、0次光もほぼ出力されなくなる。これによって、理想的には、選択的に±1次光のみを発生させることができる。

【0096】しかしながら、実際には、ドライエッチング時のマスクの後退やサイドエッチングなどの影響で、完全に矩形状の凹凸部を有する回折格子22を作製することは困難である。このため、回折格子22の凹凸部の形状は矩形状からずれた形状となっていることが懸念され、±2次光も発生してしまうことが懸念される。発生した±2次光が偏光分離素子20から出射されると、光学系内で迷光となり、信号処理等で悪影響を発生させることができると懸念される。

【0097】ところで、θd：回折格子22での回折角度、m：回折次数、θc：全反射角度とした場合、回折格子22の回折角度θdは(2)式で示され、基板での全反射角度θcは(3)式で示される。

【0098】

$$\sin \theta d = m(\lambda/d) \quad \dots (2)$$

$$\sin \theta c = n_a/n_s \quad \dots (3)$$

【0099】また、本実施の形態では、回折格子22の凹凸部の配列方向が、ポリエステル膜21の面方向に対して略平行となるように配列されており、周期dが(4)式を満たす範囲内に設定されているため、(2)、(3)、(4)式によれば、第1の実施の形態で説明したように、2次以上の回折光の角度θdが全反射角度θcより大きくなり、かつ、1次光の回折角度θdが全反射角度θcより小さくなる。

【0100】これによって、2次回折光以上の回折光が偏光分離素子20の外部へ出射されないため、光学系内の迷光の発生を抑制することができ、信号検出系の動作の安定化を図ることができる。

【0101】また、(4)式からも明らかなように、回折角度θdは波長λ₁、λ₂の大小に依存する。長い波長λ₂(=780nm)の光の回折角度θdの方が短い波長λ₁(=650nm)の光の回折角度θdよりも大きいため、波長の異なる2種類のレーザ光λ₁、λ₂を使用する場合には、短い波長λ₁によって周期dの上限を限定し、長い波長λ₂によって周期dの下限を限定することが可能になる。これによって、単一の偏光分離素子20に対して波長の異なる2種類のレーザ光λ₁、λ₂を入

射する場合にも、所定角度として2次以上の高次回折角を有する高次回折光を外部へ出射させない偏光分離素子20を実現することが可能になる。

【0102】本実施の形態では、具体的に、波長780nmレーザ光の±1次光は約25.7°の角度に回折され、±2次光は約60.1°の角度に回折される。また、波長650nmレーザ光の±1次光は約21.2°の角度に回折され、±2次光は約46.2°の角度に回折される。

【0103】一方、BK7基板2の全反射角度は41.5°程度なので、両波長レーザ光が、±2次光がBK7基板2面で図3に示すように全反射を起こし、偏光分離素子20外へ出射されなくなり、迷光が発生しなくなる。これによって信号処理系等の動作の安定化を図ることができる。

【0104】さらに、本実施の形態では、光学的異方性膜にポリエステル製の延伸有機膜であるポリエステル膜21を使用しているため、通常の光学的な異方性を持つ単結晶を採用した光学的異方性膜を用いた場合よりも、安価かつ性能の安定した偏光分離素子20を得ることができる。

【0105】加えて、λ/4板24が偏光分離素子20に対して一体的に形成されているため、光学系の部品点数の削減を図ることができる。これによって、光ピックアップ装置30における組み立て工程の削減、低コスト化を図ることができる。

【0106】ところで、偏光分離素子20の回折格子22を通過するレーザ光よりも外側に広がって出射されたレーザ光の一部は、回折格子23に入射される。回折格子23に入射したレーザ光は、モニタ光とされ反射膜25の反射面25aで反射されて、再び回折格子23に入射された後、偏光されてモニタ用受光素子32に入射される。モニタ用受光素子32がモニタしたモニタ光は、レーザ光源11、31から出射されるレーザ光の安定化を行うためのAPC駆動に利用される。

【0107】レーザ光源11、31から出射された光をモニタ用受光素子32へ向けて導くことにより、モニタ用受光素子32でモニタされる光量が、出射された光の波長に依存する事がない。これによって、APC駆動等の、モニタ用受光素子32に導かれた光の光量に応じて行う光量安定化のための動作の信頼性の向上を図ることができる。

【0108】また、本実施の形態では、CD板またはDVD板に向かう本来のレーザ光の有効径よりも外側に位置するレーザ光をモニタ光として使用している。このため、本来のレーザ光の光量低下を懸念することなく、確実にモニタすることができる。

【0109】これによって、レーザ光源から出射されるレーザ光の安定化を図り、光ピックアップ装置30の動作の安定化を図ることができる。

【0110】また、モニタ光を集光するモニタ光生成機構26を、偏光分離素子20に一体的に形成することで、光ピックアップ装置30および光ピックアップ装置30を備えるシステム全体における動作の安定化を図ることができる。

【0111】

【発明の効果】請求項1記載の発明の偏光分離素子によれば、光学的等方性基板と、前記光学的等方性基板上に形成された光学的異方性膜と、前記光学的異方性膜の表面に形成されて前記光学的異方性膜の面方向に沿って矩形状の凹凸が繰返し単位で配列された第1の周期構造部および前記光学的異方性膜の常光線方向の屈折率または異常光線の方向屈折率と略同一の屈折率を有して光学的に透明な材料によって形成されて、端面が前記光学的異方性膜の表面と略同一面を形成するように前記第1の周期構造部を覆う第2の周期構造部を有する回析格子と、を具備して、前記回析格子により回析された回析光のうち所定角度以上の回析角の回析光を外部に出射させないようにすることで、例えば、光ピックアップ装置へ適用した際に、回析格子における凹凸が不完全な矩形状であるために不要な回析光が発生した場合にも、回析格子により回析された回析光のうち所定角度以上の回析角の回析光は外部に出射されないため、光ピックアップ装置の光学系内での迷光の発生を抑制して動作の安定化を図ることができる。

【0112】請求項2記載の発明によれば、請求項1の偏光分離素子において、前記所定角度を2次以上の高次回折光の回析角とすることで、回析格子における凹凸が不完全な矩形状であるために2次以上の高次回折光が発生した場合にも、2次以上の高次回折光が偏光分離素子の外部へ出射されないため、光ピックアップ装置の光学系内での迷光の発生を抑制して動作の安定化を図ることができる。

【0113】請求項3記載の発明によれば、請求項1または2記載の偏光分離素子において、前記光学的等方性膜の基板面方向と前記光学的異方性膜の面方向とを略平行に形成し、入射される光の波長が λ 、前記光学的等方性基板の屈折率が n_s 、周囲雰囲気の屈折率が n_a である場合の前記回析格子の前記凹凸の繰返し単位の周期 d が、 $\lambda(n_s/n_a) < d < 2\lambda(n_s/n_a)$ を満たすようにすることで、回析格子での回折角度が θ_d 、回折次数が m 、全反射角度が θ_c である場合に、 $\sin \theta_d = m(\lambda/d)$ で示される回析格子の回折角度 θ_d と、 $\sin \theta_c = n_a/n_s$ で示される基板での全反射角度 θ_c 。とに対して、2次以上の高次回折光の角度を全反射角度 θ_c より大きくし、かつ、1次光の回折角度 θ_d が全反射角度 θ_c より小さくして、所定角度として2次以上の高次回折角を有する高次回折光を外部へ出射させない偏光分離素子を実現することができる。

【0114】請求項4記載の発明によれば、請求項1ま

たは2記載の偏光分離素子において、前記光学的等方性膜の基板面方向と前記光学的異方性膜の面方向とを略平行に形成し、入射される光の波長が λ_1 、 λ_2 、前記光学的等方性基板の屈折率が n_s 、周囲雰囲気の屈折率が n_a である場合の前記回析格子の前記凹凸の繰返し単位の周期 d が、 $\lambda_2(n_s/n_a) < d < 2\lambda_1(n_s/n_a)$ 、 $\lambda_1 < \lambda_2$ を満たすようにすることで、回析格子での回折角度が θ_d 、回折次数が m 、全反射角度が θ_c である場合に、 $\sin \theta_d = m(\lambda/d)$ で示される回析格子の回折角度 θ_d と、 $\sin \theta_c = n_a/n_s$ で示される基板での全反射角度 θ_c 。とに対して、2次以上の高次回折光の角度が全反射角度 θ_c より大きくし、かつ、1次光の回折角度 θ_d が全反射角度 θ_c より小さくして、所定角度として2次以上の高次回折角を有する高次回折光を外部へ出射させない偏光分離素子を実現することができる。

【0115】また、 $\sin \theta_d = m(\lambda/d)$ からも明らかなように、回折角度 θ_d は波長 λ_1 、 λ_2 の大小に依存し、長い波長 λ_2 の光の回折角度 θ_d の方が短い波長 λ_1 の光の回折角度 θ_d よりも大きいため、波長の異なる2種類のレーザ光 λ_1 、 λ_2 を使用する場合には、短い波長 λ_1 によって周期 d の上限を限定し、長い波長 λ_2 によって周期 d の下限を限定することが可能になるので、单一の偏光分離素子に対して波長の異なる2種類のレーザ光 λ_1 、 λ_2 を入射する場合にも、所定角度として2次以上の高次回折角を有する高次回折光を外部へ出射させない偏光分離素子を実現することができる。

【0116】請求項5記載の発明によれば、請求項1、2、3または4記載の偏光分離素子において、前記光学的異方性膜は、前記光学的等方性基板表面に斜め蒸着により蒸着された無機材料によって成膜されているため、光学的等方性基板表面に斜め蒸着によって無機材料を蒸着することで、光学的な異方性を有する単結晶を採用する場合と比較して、実用上、容易かつ安価に、光学的異方性膜を形成することができる。

【0117】請求項6記載の発明によれば、請求項1、2、3または4記載の偏光分離素子において、前記光学的異方性膜は、使用波長以下の周期構造を有するため、膜内に使用波長以下の周期構造を持つことで、光学的異方性膜全体に光学的異方性を持たせることができ、光学的な異方性を有する単結晶を採用する場合と比較して、実用上、容易かつ安価に、光学的異方性膜を形成することができる。

【0118】請求項7記載の発明によれば、請求項1、2、3または4記載の偏光分離素子において、前記光学的異方性膜は延伸された有機材料によって形成されているため、光学的な異方性を有する単結晶を採用する場合と比較して、実用上、容易かつ安価に、光学的異方性膜を形成することができる。

【0119】請求項8記載の発明によれば、請求項1な

いし 7 のいずれか一記載の偏光分離素子において、前記光学的等方性基板は、研磨によって形成された研磨面より光を入出射するため、光を入出射する面に対してコーティング等の処理を行う場合と比較して、実用上、実用上、容易かつ安価に、光学的等方性基板を得ることができる。

【0120】請求項 9 記載の発明によれば、請求項 1 ないし 8 のいずれか一記載の偏光分離素子において、前記光学的異方性膜に積層された $\lambda/4$ 板を具備するため、例えば、光ピックアップ装置へ適用する場合に、部品点数の削減を図ることができる。

【0121】請求項 10 記載の発明によれば、請求項 1 ないし 9 のいずれか一記載の偏光分離素子において、光量をモニタするためのモニタ用受光素子へ向けて半導体レーザから入射された入射光を集光するモニタ光生成機構を具備するため、光源から出射された光をモニタ用受光素子へ向けて導くことにより、モニタ用受光素子でモニタされる光量が射出された光の波長に依存することができないので、A P C 駆動等の、モニタ用受光素子に導かれた光の光量に応じて行う光量安定化のための動作の信頼性の向上を図ることができる。

【0122】請求項 11 記載の発明の半導体レーザユニットによれば、実装基板上に実装されてレーザ光を射する半導体レーザと、前記半導体レーザから出射されたレーザ光が入射される請求項 1 ないし 9 のいずれか一記載の偏光分離素子と、前記実装基板上で前記偏光素子からの回折光が照射される位置に実装された受光素子と、を具備するため、半導体レーザの出力安定化を図ることができる。

【0123】請求項 12 記載の発明の半導体レーザユニットによれば、実装基板上に実装されてレーザ光を射する半導体レーザと、前記半導体レーザから出射されたレーザ光が入射される請求項 10 記載の偏光分離素子と、前記実装基板上で前記偏光素子からの回折光が照射される位置に実装された受光素子と、前記実装基板上で前記偏光素子のモニタ光生成機構からのモニタ光が照射される位置に実装されたモニタ用受光素子と、を具備するため、半導体レーザの出力安定化を図るとともに、半導体レーザユニットの小型化を図ることができる

る。

【0124】請求項 13 記載の発明の光ピックアップ装置によれば、請求項 11 または 12 記載の半導体ユニットと、前記半導体レーザユニットから出射されたレーザ光を光記録媒体に照射する対物レンズと、前記半導体レーザユニット中の偏光分離素子と前記光記録媒体との間の光路上でレーザ光の偏光面を変換させる $\lambda/4$ 板と、を具備するため、安定したレーザ光を得るとともに、モニタのために光記録媒体に対するレーザ光の光量の低下防止を図ることが可能になるので、安定した記録または再生動作を行わせることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態の偏光分離素子を示す側面図である。

【図 2】T a 2 O 5 膜を拡大して示す側面図である。

【図 3】光ピックアップ装置の構成の一部を示す説明図である。

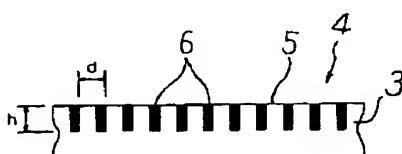
【図 4】本発明の第 2 の実施の形態の偏光分離素子を示す側面図である。

【図 5】光ピックアップ装置の構成の一部を示す説明図である。

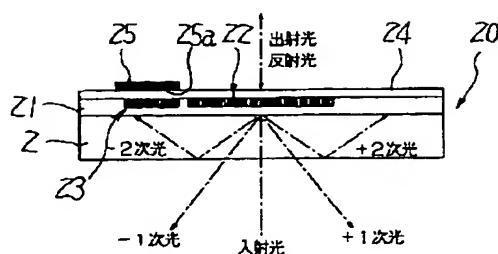
【符号の説明】

1	偏光分離素子
2	等方性膜
3	異方性膜
4	回折格子
5	第 1 の周期構造部
6	第 2 の周期構造部
10	光ピックアップ装置
11	半導体レーザ
20	偏光分離素子
21	異方性膜
22	回折格子
24	$\lambda/4$ 板
26	モニタ光生成機構
30	光ピックアップ装置
31	半導体レーザ
L	半導体レーザユニット
L'	半導体レーザユニット

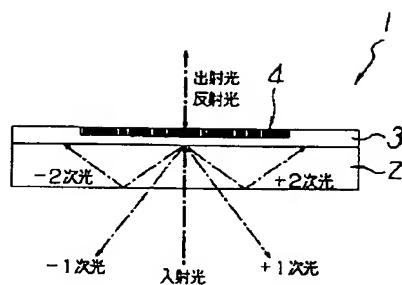
【図 2】



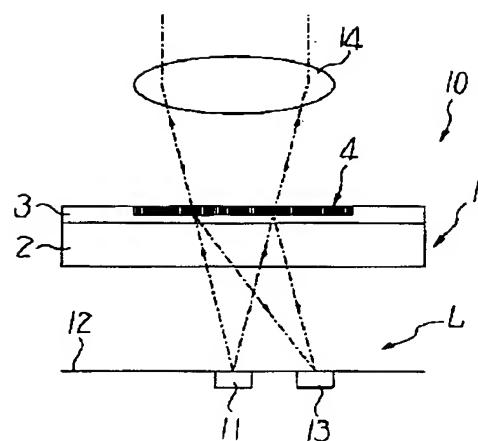
【図 4】



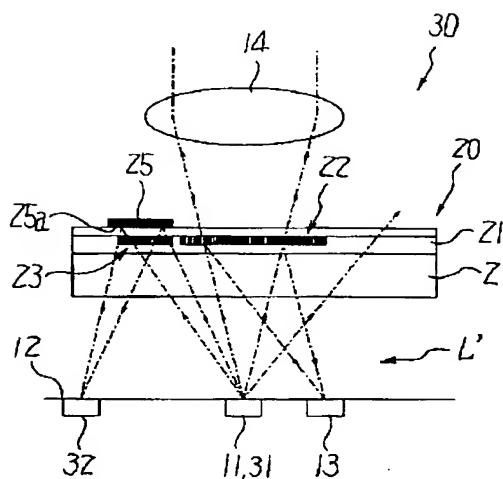
【図1】



【図3】



【図5】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H049 AA03 AA13 AA37 AA45 AA57
 AA64 BA05 BA25 BA42 BB44
 BC12 BC21
 5D119 AA04 AA20 AA38 AA40 CA10
 FA05 FA25 JA12